Berg Huettenmaenn Monatsh (2022) Vol. 167 (2): 52–60
<https://doi.org/10.1007/s00501-022-01196-5>
 © Der/die Autor(en) 2022

BHM Berg- und
Hüttenmännische
Monatshefte

Monitoringsystem für Gurtbandförderer

Michael Prenner und Jakob Müller

Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft, Arbeitsgruppe Fördertechnik und Konstruktionslehre, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

Eingegangen 14. Dezember 2021; angenommen 11. Januar 2022; online publiziert 26. Januar 2022

Zusammenfassung: Durch die Überwachung der Anlagenparameter von Gurtbandförderern kann deren Verfügbarkeit und die Funktion deutlich verbessert werden. In Zusammenarbeit mit der Firma ScrapeTec Trading GmbH wurde am Lehrstuhl für Bergbaukunde – Fördertechnik und Konstruktionslehre ein Gurtschieflaufsüberwachung- und Korrektursystem für Gurtbandförderer entwickelt, welches mit einer Monitoringfunktion ausgestattet ist. Bei diesem System handelt es sich um eine Gurtlenkrolle, die das seitliche Verlaufen des Gurtes durch das automatische Verstellen der Rollenrotationsachse bis zu einem bestimmten Grad verhindert. Durch die Positionsüberwachung der Rotationsachse und weiterer Gurtparameter kann zum einen der auskorrigierte Gurtschieflauf detektiert werden und zum anderen auf Grund von charakteristischen Bewegungsmustern des Lenksystems auf den schiefelaufverursachenden Fehler rückgeschlossen werden.

Schlüsselwörter: „PrimeTracker“, Gurtschieflauf, Monitoringsystem, Gurtbandförderer

Monitoring System for Belt Conveyors

Abstract: By monitoring the system parameters of belt conveyors, their availability and function can be significantly improved. At the Chair of Mining Engineering – Conveyor Technology and Design Methods in cooperation with the company ScrapeTec Trading GmbH, a belt misalignment control and correction system for belt conveyors, which is equipped with a monitoring function, was developed. This system consists of a belt guide pulley that prevents the belt from running sideways up to a certain extent by automatically adjusting the pulley axis of rotation. By monitoring the position of the axis of rotation and other belt parameters,

the corrected belt misalignment can be detected. The characteristic movement of the guidance system can be used to identify a correspondent failure.

Keywords: „PrimeTracker“, Belt misalignment, Monitoring system, Belt conveyor

1. Gurtlenkeinrichtungen

Gurtbandförderer für Schüttgüter sind sehr energieeffiziente und im Allgemeinen betriebssichere Anlagen zum stetigen Transport von sehr großen, aber auch kleinen Massenströmen. Trotz der allgemeinen Betriebssicherheit können Anlagenkomponenten aus verschiedensten Gründen ausfallen. Typische Schäden sind z. B. der Ausfall von Tragrollen durch Lagerschäden, der Gurtausfall durch Oberflächenverschleiß oder verschlissene Gurtreiniger. Ein nicht zu unterschätzendes Problem ist der sogenannte Bandschieflauf, der unter anderem durch defekte Anlagenkomponenten verursacht werden kann. Darunter versteht man das seitliche Verlaufen des Fördergurtes 90° zur Förderrichtung. Dieser Schiefelauf kann verschiedenste Ursachen aufweisen. Eine exzentrische Bandbeladung, schlecht ausgeführte Gurtverbindungen (Spleißstellen), Gurtbeschädigungen, defekte Tragrollen, Anlagenverschmutzungen, quer zur Förderrichtung auftretende Kräfte, verursacht durch die Schüttgutaufgabe, die Streckenführung u. v. m. können der Grund für einen derartigen Schiefelauf sein. Um einem möglichen Bandschieflauf entgegenzuwirken, werden verschiedenste Systeme eingesetzt. Häufig werden Tragrollen auf Sturz gestellt. Darunter versteht man das statische Verdrehen der äußeren Lasttrumtragrollen um einen gewissen Winkel zur Förderrichtung. Durch diese Verdrehung entstehen Kräfte in Richtung der Tragrollenstuhlmittle, die den Gurt in seine Sollposition zurückleiten. Neben dieser statischen Gurtlenkung werden auch unterschiedliche dynamische Verfahren bzw. Einrichtungen verwendet, die grundsätzlich auch auf der Verstellung von Tragrollen beruhen. Beispiele dafür sind der Tru-Trainer der Firma ASgCO [1], der PT SMART™ BELT TRAINER der Firma FLEXCO [2], das Martin®-Tracker™-System der Fir-

Dipl.-Ing. Dr. mont. M. Prenner (✉)
 Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft,
 Arbeitsgruppe Fördertechnik und Konstruktionslehre,
 Montanuniversität Leoben,
 Franz-Josef-Straße 18,
 8700 Leoben, Österreich
michael.prenner@unileoben.ac.at

Abb. 1: Funktionsprinzip des „PrimeTrackers“ [4]

ma Martin Engineering [3] und andere. Zur Gurtzentrierung werden auch ballige Trommeln oder V-förmig gemuldete Lehrtrumtragrollenstühle, die auf die Gurtlaufseite angepresst werden, eingesetzt.

Ein weiteres Gurtlenksystem ist der sogenannte „PrimeTracker“, der von der Firma ScrapTec Trading GmbH [4] vertrieben wird. Dieses System beruht auch auf dem Prinzip der Verdrehung von Rollen bzw. Trommeln zur Gurtlenkung. In Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Bergbaukunde – Fördertechnik und Konstruktionslehre mit der Firma ScrapTec wurde die Funktion des „PrimeTrackers“ um eine Monitoringfunktion erweitert.

2. PrimeTracker

Der „PrimeTracker“ besteht aus einer rotierenden Rolle, die über zwei Wälzlager und ein Rohr mit einem zentralen Gummilager mit einer feststehenden Achse verbunden ist. Das zentrale Lager erlaubt eine Achsschiefstellung der Rollenrotationsachse zur feststehenden Achse. Durch das Verdrehen der Rolle entsteht eine Sturzstellung der Rolle, die den Gurt

beim Auftreten eines Gurtschieflaufes in seine Ausgangslage zurückbewegt. Das System und das Funktionsprinzip sind in Abb. 1 dargestellt.

Die Verdrehung der Rotationsachse zur feststehenden Achse soll nun für Monitoringaufgaben herangezogen werden, da die Verstellung bzw. der Bewegungsablauf mit auftretenden Anlagenfehlern verknüpft werden kann. Um die Bewegung der Rotationsachse zur feststehenden Achse messen zu können, wurde das System mit Ultraschallsensoren zur Entfernungsmessung ausgestattet. Dabei misst je ein Sensor den Abstand in Förderrichtung und 90° zur Förderrichtung. Für den Labormessaufbau wurden noch zusätzliche Sensoren in den für die Untersuchungen verwendeten Gurtbandförderer implementiert.

3. Monitoringsystem – Messaufbau

Der „PrimeTracker“ mit dem zugehörigen Monitoringsystem bzw. Messequipment wurde in den lehrstuhleigenen Förderkreislauf, bestehend aus vier Gurtbandförderern mit

Abb. 2: Gurtbandförderer der Testanlage mit eingebautem „PrimeTracker“ – Laufseite

je ca. 5m Förderlänge, an einen Förderer montiert (siehe Abb. 2).

Es wurden zwei Versuchsreihen mit unterschiedlichen Montagemöglichkeiten des „PrimeTrackers“ durchgeführt. In Abb. 2 ist er so montiert worden, dass die Rolle des „PrimeTrackers“ auf die Laufseite des Gurtes im Leertrum angepresst wird. Alternativ kann die Rolle auch auf die Tragseite des Gurtes im Leertrum angepresst werden. Die im Nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen beziehen sich allerdings auf die zweite Montagemöglichkeit (siehe Abb. 3), da in diesem Fall ein stabilerer Gurtlauf bei der vorhandenen geringen Gurtbreite von 400 mm eingestellt werden konnte.

Für die verschiedenen Messreihen wurden insgesamt sechs Messstellen eingerichtet (siehe Abb. 4).

Die Ultraschallsensoren und der Drehzahlsensor wurden in den „PrimeTracker“ eingebaut und sind als eigentliches Monitoringsystem gedacht. Der Lasersensor zur Messung der Gurtposition auf der Antriebstrommel wird nur im Laborbetrieb benötigt, um das Rückstellverhalten des Systems zu messen und zu überwachen. Der Kontrastsensor wird ebenfalls im Laborbetrieb benötigt, um die Gurtumlaufposition mit auftretenden Ereignissen synchronisieren zu können. Die Messung der Umlaufposition kann

aber auch für Industrieanwendungen sinnvoll sein. Je nach Anwendungsfall besteht die Möglichkeit, den verwendeten Sensor durch z. B. einen induktiven Sensor zu ersetzen.

Für die Implementierung der Ultraschallsensoren und des Drehzahlsensors muss der „PrimeTracker“ mit zusätzlichen Bauteilen ausgerüstet werden. Hierfür wird eine Montagevorrichtung für die Ultraschallsensoren benötigt, welche auf die stillstehende Achse des Systems aufgezogen werden muss. Zur Reflektion der Ultraschallsignale müssen zusätzlich Reflektionsflächen, die sich mit der Rollenverstellung mitbewegen, eingebaut werden. Diese Flächen rotieren nicht mit der Rolle mit. Sie bewegen sich lediglich mit der Schiefstellung der Rollendrehachse. Die zusätzlich benötigten Bauteile sind in Abb. 4 ersichtlich. Der Drehzahlsensor wird ebenfalls mit dem Bauteil für die Realisierung der Reflektionsflächen verbunden.

In Abb. 4 ist weiters ein Laufrad ersichtlich, das exzentrisch auf den Gurt angepresst werden kann. Die Anpresskraft wird dabei durch eine Kraftaufnehmer aufgezeichnet. Mit diesem Laufrad kann z. B. eine exzentrische Bandbelastung simuliert werden.

4. Durchgeführte Messungen

Um die Funktion des Lenksystems in Verbindung mit dem implementierten Monitoringsystem überprüfen zu können, werden vordefinierte Fehler in den Gurtförderer eingebaut. Bevor ein spezifischer Fehler eingebracht wird, muss ein Kalibrationslauf durchgeführt werden, um in weiterer Folge die Abweichungen von der Ausgangsmessung dokumentieren und bewerten zu können. In Abb. 5 ist die Kalibrationsmessung für den Lasersensor, die Ultraschallsensoren und den Etikettensensor dargestellt.

Bei dieser Kalibrationsmessung ist gut zu erkennen, dass die Gurtkante eine periodische Bewegung ausführt. In Abb. 5 ist dies anhand der zweiten Messkurve von oben für den Laserabstandssensor dargestellt. Die Ursache für die aufgezeichneten Schwankungen ist durch Fertigungsungenauigkeiten begründet, die sowohl auf einer variierenden Gurtbreite als auch auf einer unexakten Gurtverbindung beruhen. Nach einer kurzen Einlaufphase tritt eine periodi-

Abb. 3: „PrimeTracker“ auf die Gurttragseite aufgepresst

Abb. 4: Eingerichtete Messstellen. **a, b** Ultraschallsensoren zur Messung der Verdrehung der Rotationsachse, **c** Lasersensor zur Messung der Gurtposition an der Antriebstrommel – *strichlierter Kreis*, **d** Kontrastsensor zur Messung der Gurtumlaufposition – *strichlierter Kreis*, **e** Messung der Anpresskraft Laufrad auf den Gurt, **f** Drehzahlsensor – *strichlierter Kreis*

sche Schwingung auf, wobei kurz vor dem Kurvenmaximum ein kurzzeitiger Ausschlag (Peak) zu beobachten ist. Der Peak wird durch die Gurtverbindungsstelle verursacht. Dieser Ausschlag ist auch auf der Messkurve des Etikettensensors (erste Kurve von oben in Abb. 5) beobachtbar. Für die Impulserzeugung wurde auf der Laufseite am Gurt eine Farbmarkierung aufgebracht, die allerdings nur einen schwachen Spannungsimpuls lieferte. Einen deutlich ausgeprägteren Impuls lieferte die Gurtverbindungsstelle auf Grund einer unterschiedlichen Gurtoberflächenstruktur. Der kleine Ausschlag in der ersten Messkurve von oben in Abb. 5, befindet sich jeweils kurz nach dem Maximum der zweiten Messkurve von oben. Der größte Ausschlag der Etikettensormesskurve ist dabei kurz nach dem Peak

der zweiten Kurve von oben zu finden. Diese Ausschläge werden durch die Verbindungsstelle verursacht, wobei der Etikettensensor auf Grund der versetzten Position (siehe Abb. 4) etwas später ausschlägt. Betrachtet man nun die Messkurve des Ultraschallsensors für die „vertikale“ Position der Drehachse (dritte Kurve von oben in Abb. 5), so lässt sich dieses Ereignis ebenfalls anhand eines kurzzeitigen Maximums erkennen und zuordnen. Das Ereignis ist in Abb. 5 durch die strichlierte Linie für eine Periode gekennzeichnet. Die Messkurve für die „horizontale“ Position der Drehachse (vierte Kurve von oben in Abb. 5) liefert einen regelmäßigen Verlauf ohne ausgeprägte kurzzeitige Ausschläge.

Abb. 5: Kalibrationsmessung

Abb. 6: Durch Laufrad einseitig belasteter Gurt

4.1 Messungen mit definierten Fehlern

Um die Monitoringmöglichkeiten und die Funktionalität des Systems zu untersuchen, wurden Versuche mit verschiedenen in das Fördersystem eingebrachten Fehlern durchgeführt.

Folgende Fehler wurden eingebracht:

- Exzentrische Bandbelastung mittels Laufrad bei 75N, 125N, und 200N auf der rechten Gurtseite in Förderrichtung (Abb. 6), so wie 125N und 225N auf der linken Seite
- Mit Schraubzwingen blockierte Laufrollen auf der rechten Seite in Förderrichtung (Abb. 7)
- Ungleichförmig angespresster Gurtreiniger – Spalt zwischen Gurt und Abstreifer auf der rechten Seite in Förderrichtung (Abb. 8)

Alle Versuche (mit Ausnahme der blockierten Tragrollen) führen zu einer Verschiebung des Gurtes auf der Antriebstrommel sowie zu einer Verstellung der Rollendrehachse des „PrimeTrackers“ zur stillstehenden Achse. Der Verlauf der Gurtverschiebung ist in Abb. 9 dargestellt.

Die Darstellung verdeutlicht, dass trotz „PrimeTracker“ ein Gurtschieflauf auftrat. Der Schieflauf ist abhängig von der Belastungsintensität und dem Ort der Einbringung des Fehlers. Der „PrimeTracker“ sollte eigentlich die Verschiebung des Gurtes an der Trommel durch seine last- bzw. fehlerabhängige Sturzstellung, bis zu einer gewissen Belastungshöhe, vermeiden. Der Grund für seine eingeschränkte Funktion ist in den Laborbedingungen zu finden. Der verbaute Gurt mit 400mm Breite liegt außerhalb des Spezifikationsbereichs (Gurtbreite zwischen 500mm und 2000mm) für das Einsatzgebiet des „PrimeTrackers“. Ei-

Abb. 7: Mit Schraubzwingen blockierte Laufrollen

Abb. 8: Ungleichförmig angepresster Gurtabstreifer

Spalt zwischen Gurt
und Abstreifer

ne eingeschränkte Lenkfähigkeit ist dadurch gegeben. Ein Abflauen des Gurtes von der Antriebstrommel wird aber verhindert. Für die Überprüfung der Eignung als Monitoringsystem spielte diese Einschränkung aber keine Rolle, da der „PrimeTracker“ messbar auf in das Fördersystem implementierte Belastungen bzw. Fehler reagierte.

Das Verhalten des „PrimeTrackers“ bei unterschiedlichen zusätzlichen Gurtbelastungen ist in Abb. 10 zu sehen. Die zugehörige Definition der Bewegungsrichtungen ist in Abb. 11 dargestellt.

Um einen aufgebrachten Fehler einem Bewegungsmuster des „PrimeTrackers“ zuordnen zu können, können verschiedene Wege verfolgt werden. Eine aufwendige und datenintensive Möglichkeit ist die Analyse des gesamten periodischen Schwingungsmusters der beiden Messkurven, eventuell unter Einbindung von Extremwerten. Bei der in Abb. 10 dargestellten Auswertung wurde ein einfacherer Weg beschritten, der ebenfalls die Möglichkeit der Fehlerzuordnung bietet. Hier wurden die Messkurven für die Bewegung parallel zur Förderrichtung und normal zur Förderrichtung nach der Einlaufphase jeweils gemittelt und in das Quadrantendiagramm eingetragen. Dadurch ist für die eingebauten Fehler eine eindeutige Zuordnung durch einen spezifischen Datenpunkt möglich. Als Nullpunkt (siehe Abb. 10) wurde die Kalibrationsmessung herangezogen. Bei allen Messungen wurden die mittleren Auslenkungen unter den jeweiligen Lasten bestimmt. Um das Rückstellverhalten des „PrimeTrackers“ nach der Entfernung der jeweiligen Last zu bestimmen, wurden weitere Messungen mit Ausnahme des Gurtabstreifers durchgeführt. Dies geschah

immer im Anschluss an die jeweilige Messung mit aufgebrachtem Fehler. In Abb. 10 sind die Rücklaufpunkte aller Belastungszustände in unmittelbarer Nähe des Startpunkts zu sehen. Die geringen Abweichungen vom Nullpunkt liegen ungefähr im Bereich der Messtoleranz von 0,1 mm der verwendeten Ultraschallsensoren.

Weiters ist erkennbar, dass durch das Blockieren der beiden Tragrollen (auf der rechten Gurtseite in Förderrichtung) kein eindeutig messbarer Effekt auftritt. Die gemessene Auslenkung des „PrimeTrackers“ liegt innerhalb der Messtoleranz und kann daher nicht bewertet werden. Die nur durch den Gurt belasteten und blockierten Tragrollen verursachen in diesem Fall keinen messbaren Gurtschiefelauf.

Das in Abb. 10 ersichtliche Verhalten wird durch die Messung des Gurtverlaufes an der Antriebstrommel (siehe Abb. 12) bestätigt. Abb. 12 zeigt den mittleren Verlauf des Gurtes auf der Antriebstrommel, gemessen mit einem Laserabstandssensor. Auch hier liegt z. B. der Verlauf auf Grund der blockierten Tragrollen innerhalb der Messtoleranz (± 1 mm) des Lasersensors. Alle anderen Messungen liefern aber auch hier einen charakteristischen Wert für die jeweilige Belastung. Die Abweichung für die Gurtrückstellung nach der Wegnahme der jeweils aufgebrachten Last liegt ebenfalls innerhalb der Messtoleranz. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich der Gurt nach der Beseitigung eines Fehlers immer wieder in seine ursprüngliche Ausgangslage zurückbewegt.

Wichtig ist, dass bei beiden Messpositionen („PrimeTracker“ und Antriebstrommel) unterschieden werden kann,

Abb. 9: Gurtverschiebung auf der Antriebstrommel

Abb. 10: Bewegungsmuster des „PrimeTrackers“ bei unterschiedlicher Gurtbelastung

Abb. 11: Definition der Bewegungsrichtungen

Abb. 12: Mittlerer Gurtverlauf auf der Antriebstrommel

ob der Fehler auf der linken oder rechten Gurtseite aufgetreten ist.

Der Gurtreiniger, welcher eine (in Förderrichtung betrachtet) linksseitige Zusatzbelastung am Gurt verursacht, zeigt ein von den Versuchen mit dem Laufrad abweichendes Fehlerbild (siehe Abb. 10). Der Fehler liegt jetzt nicht mehr im vierten Quadranten (Q4), sondern im dritten Quadranten (Q3). Dieses Verhalten kann nicht mit der Methode der Positionsmessung des Gurtes an der Trommel aufgezeichnet werden. Wesentliche Informationen werden durch diese Methode unterschlagen. Bei einer industriellen An-

wendung wird der Verlauf des Gurtes auf der Trommel ohnehin bis zu einer gewissen Belastung vermieden. Eine Fehlerdetektion ist daher in diesem Fall im industriellen Maßstab nicht möglich.

Die bisher getätigten Untersuchungen verdeutlichen, dass die Messungen am „PrimeTracker“, in Verbindung mit der Vierquadrantenmethode, ein vielversprechendes Monitoringverfahren für unterschiedliche Fehlersituationen, die während des Betriebes von Gurtbandförderern auftreten können, liefern. Die Verstellung des „PrimeTrackers“, in Abhängigkeit der auftretenden Anlagenfehler, entspricht

dabei den Gesetzmäßigkeiten von auf Sturz gestellten Standardtragrollen zur Reduktion bzw. Vermeidung des Gurtschieflaufes.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Der „PrimeTracker“ ist als Gurtlenksystem am Markt bereits etabliert. Durch eine kostengünstiges, zusätzlich verbauter Messsystem kann der „PrimeTracker“ zu einem Monitoringsystem für Gurtbandförderer erweitert werden. Erste Untersuchungen haben bestätigt, dass durch ein einfaches Auswerteverfahren die Möglichkeit besteht, auftretende Anlagenfehler zu registrieren und auch zu identifizieren. Das Registrieren einer Fehlfunktion der Förderanlage, die zu einem Gurtschieflauf führt, ist unmittelbar nach der Installation und einer anschließenden Kalibrierung des Messsystems möglich. Die Fehleridentifizierung erfordert aber einen Lernvorgang des Systems. Nach einem erstmaligen Auftreten eines spezifischen Fehlers muss dieser durch den Anlagenbetreiber der Auswerteeinheit zugeordnet werden (entspricht einem Punkt im Quadrantendiagramm mit einem definierten konzentrischen Schwankungsbereich). Tritt der zugeordnete Fehler erneut auf, kann dieser identifiziert und zugeordnet werden. Entsprechende Wartungs- bzw. Fehlerbeseitigungsmaßnahmen können so durch den Anlagenbetreiber fehlerspezifisch eingeleitet werden.

Derzeit laufen Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit der Messungen. Zusätzlich werden weitere Fehler in den Versuchsgurtbandförderer am Lehrstuhl eingebracht und mit dem neuen System identifiziert und zugeordnet. Versuchsreihen mit verschiedenen Schüttgutbeladungen sind ebenfalls geplant. Nach Abschluss der Laboruntersuchungen wird das neue Monitoringsystem einem Praxistest an einer Industrieanlage unterzogen. Die Messergebnisse können zukünftig je nach Anwenderwunsch unterschiedlich bereitgestellt werden. Eine direkte Einbindung in bestehende

Systeme ist möglich. „Stand-alone“-Lösungen sind ebenfalls geplant.

Funding. Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Interessenkonflikt. M. Prenner und J. Müller geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. ASGCO „Complete Conveyor Solutions“: Tru-Trainer (2021). https://www.asgco.com/search-results/?_sf_s=Tru-Trainer, Zugriffen: 1. Dez. 2021
2. Flexco Europe GmbH: PT SMART™ BELT TRAINER (2021). <https://flexco.de/DE/Product-Series/Belt-Positioners-Trackers-and-Trainers/PT-Smart.htm>, Zugriffen: 1. Dez. 2021
3. Martin Engineering: Martin®-Tracker (2021). <https://www.martin-eng.com/content/product/171/tracker>, Zugriffen: 1. Dez. 2021
4. ScrapeTec Trading GmbH: PrimeTracker (2021). <https://scrapetec-trading.com/produkte/primetracker/>, Zugriffen: 1. Dez. 2021

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.